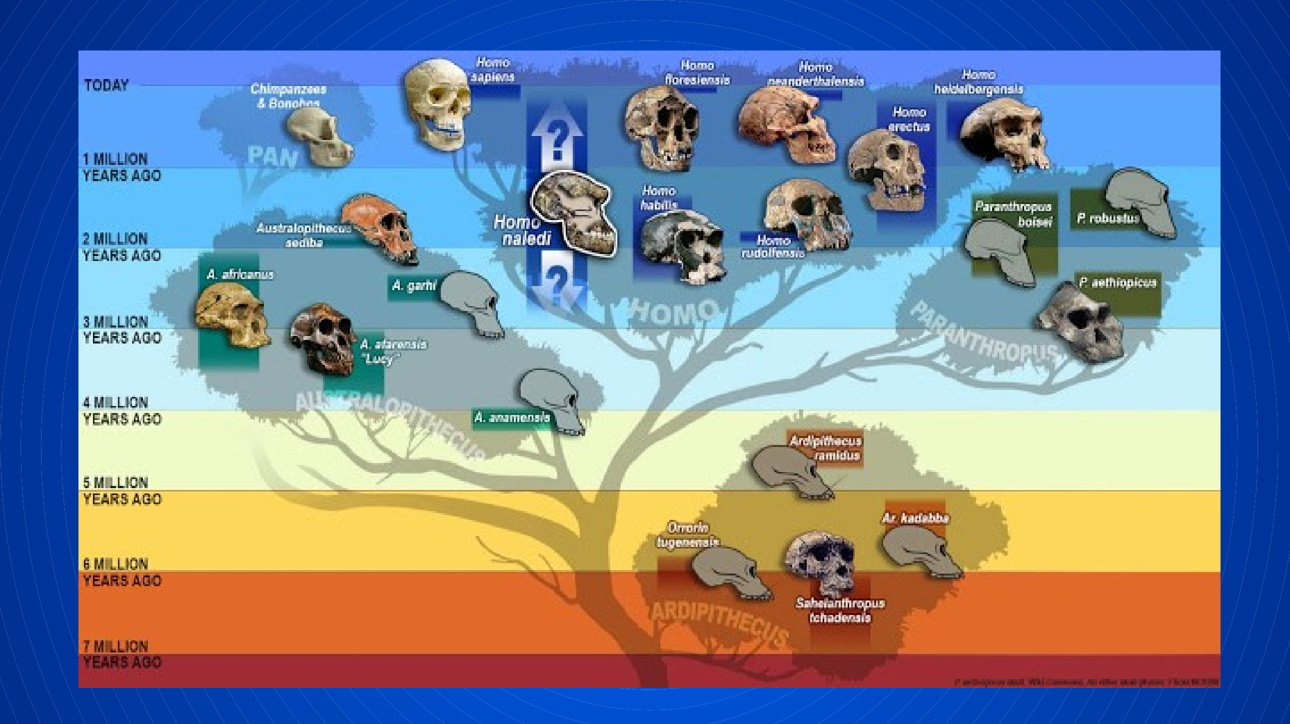
Mecanismos Evolutivos



M. en C. RAFAEL GOVEA VILLASEÑOR
por el CINVESTAV-IPN
Biólogo por la UAM-Iztapalapa

Versión 4.1 EMS 2018-11-19 a 2021-12-13

¿Qué es la Selección Natural?

Es el principal mecanismo de evolución adaptativa.

Consiste en la sobrevivencia exitosa de los organismos hasta después de dejar descendientes viables.

Así pues, la poza génica cambia en función de la eficacia de los rasgos heredables respecto a las presiones ambientales.



M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué es la Selección Natural?

Es un proceso que ocurre con cada generación. Los organismos no tienen la misma probabilidad de sobrevivir hasta el momento de la reproducción, ni tienen la misma eficacia reproductora en el ambiente donde viven pues difieren es sus rasgos (fenotipo). Así pues, la poza génica de la generación descendiente difiere de la poseída por la generación progenitora.

¿Quién elige?

Los factores ambientales



¿A quién se elige?

A los organismos

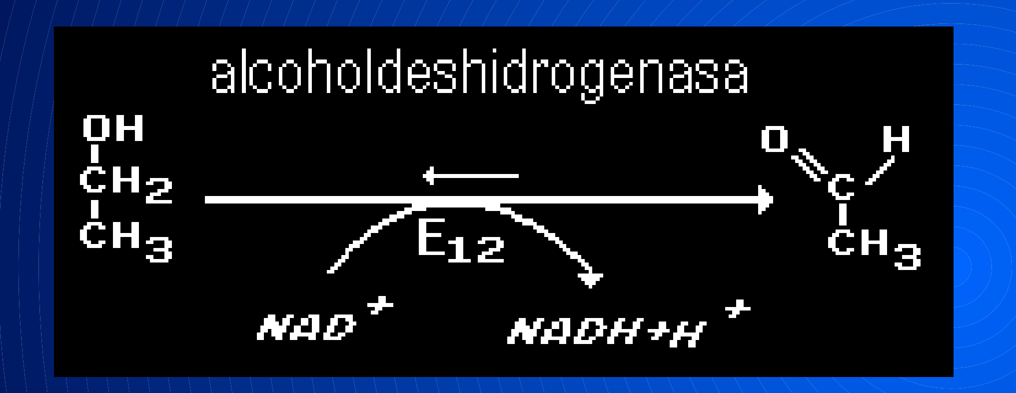
¿Quién cambia?

La Poza Génica de una población o de la especie

M en C Rafael Govea Villaseñor

Selección Natural, un ejemplo experimental

El gen ***ADH*** codifica la síntesis de la enzima Alcohol-deshidrogenasa, misma que elimina al Etanol. Hay dos alelos, uno de acción rápida y otro lento.



Alelos: *Adh*^{F} (Fast) y *Adh*^{s} (slow)

Destruir al etanol rápidamente disminuye sus efectos tóxicos.
Entonces ¿Qué pasaría si se cultivan, digamos moscas drosofilas, alimentándolas en presencia o ausencia de Etanol?

Hipótesis. Si cultivamos drosofilas en presencia de alcohol entonces las moscas con el gen alelo de la **ADH** lento se harán menos frecuentes con el paso de las generaciones pues es ventajoso eliminar el tóxico con rapidez.

M en C Rafael Govea Villaseñor

Cavener & Clegg(1981) **Multigenic response to ethanol in *Drosophila Melanogaster.*** *Evolution* 35 1-10

Puesta a prueba de la hipótesis



Cavener & Clegg criaron por 57 generaciones, poblaciones duplicadas de drosofilas: 2 experimentales y 2 controles negativo. Las poblaciones experimentales fueron alimentadas con una dieta conteniendo 10% de etanol y las poblaciones control sin él.

Cada 5 generaciones se determinó la frecuencia relativa del gen alelo lento Adh^s.

La Selección Natural es adaptativa termina mejorando la adecuación de la especie a su medio

Fr de Adh^S

.9 .8 .7 .6 .5 .4 .3 .2 .1 0

C1
C2
E1
E1

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

Generaciones

Nótese la disminución del alelo lento

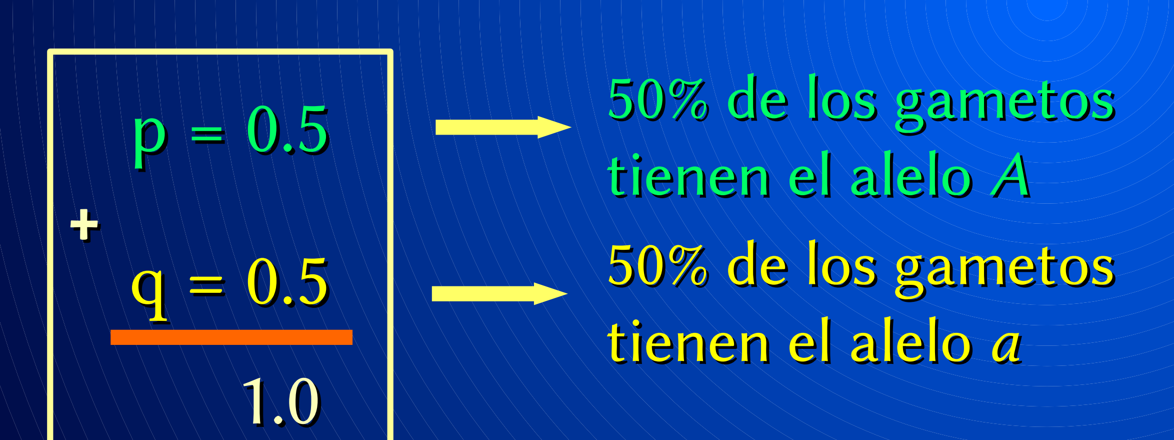
M en C Rafael Govea Villaseñor

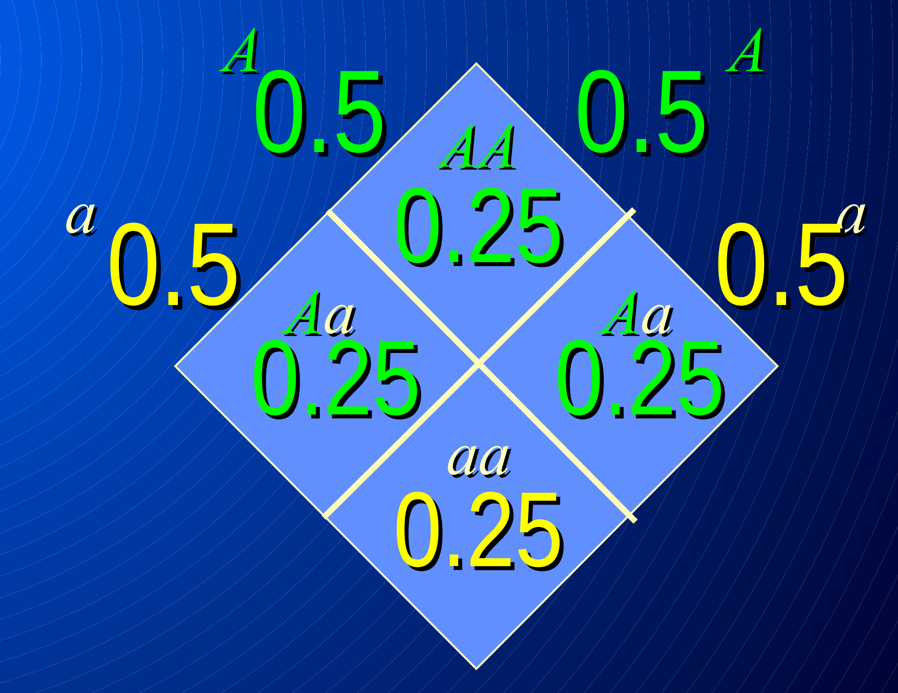
Cavener & Clegg(1981) **Multigenic response to ethanol in *Drosophila Melanogaster.*** *Evolution* 35 1-10

Selección Contra el alelo recesivo

Imaginemos una población cuyos genes alelos existen a la misma frecuencia, **p** = 0.5 y **q** = 0.5.

Por la ley de Hardy-Weinberg sabemos que la siguiente generación estará formada por 3 genotipos en proporciones 1:2:1 como lo obtenemos con el rombo de Punnet.





M en C Rafael Govea Villaseñor

Cavener & Clegg(1981) **Multigenic response to ethanol in *Drosophila Melanogaster.*** *Evolution* 35 1-10

Selección contra el alelo recesivo, 2

Si hay selección en contra del alelo recesivo *a*, de modo que sólo el 30% de los homocigotos recesivos *aa* sobreviven y el 80% de los heterocigotos *Aa*

Imaginemos 1000 descendientes antes de la selección

Después de la selección solamente sobreviven 75 homocigotos recesivos y 400 heterocigotos.

Contemos los genes alelos después de la selección. Nótese como cambian los valores de **p** y **q**. Aumentando la Fr del alelo *A* y disminuyendo la del alelo *a* recesivo.

antes	Selección	después
250	*AA* = 100%	250
500	*Aa* = 80 %	400
250	*aa* = 30 %	075

500 *A*
\+ 400 *A*
900 *A*

400 a
\+ 150 a
550 a

p = 900/1450 = 0.62

q = 550/1450 = 0.38

M en C Rafael Govea Villaseñor

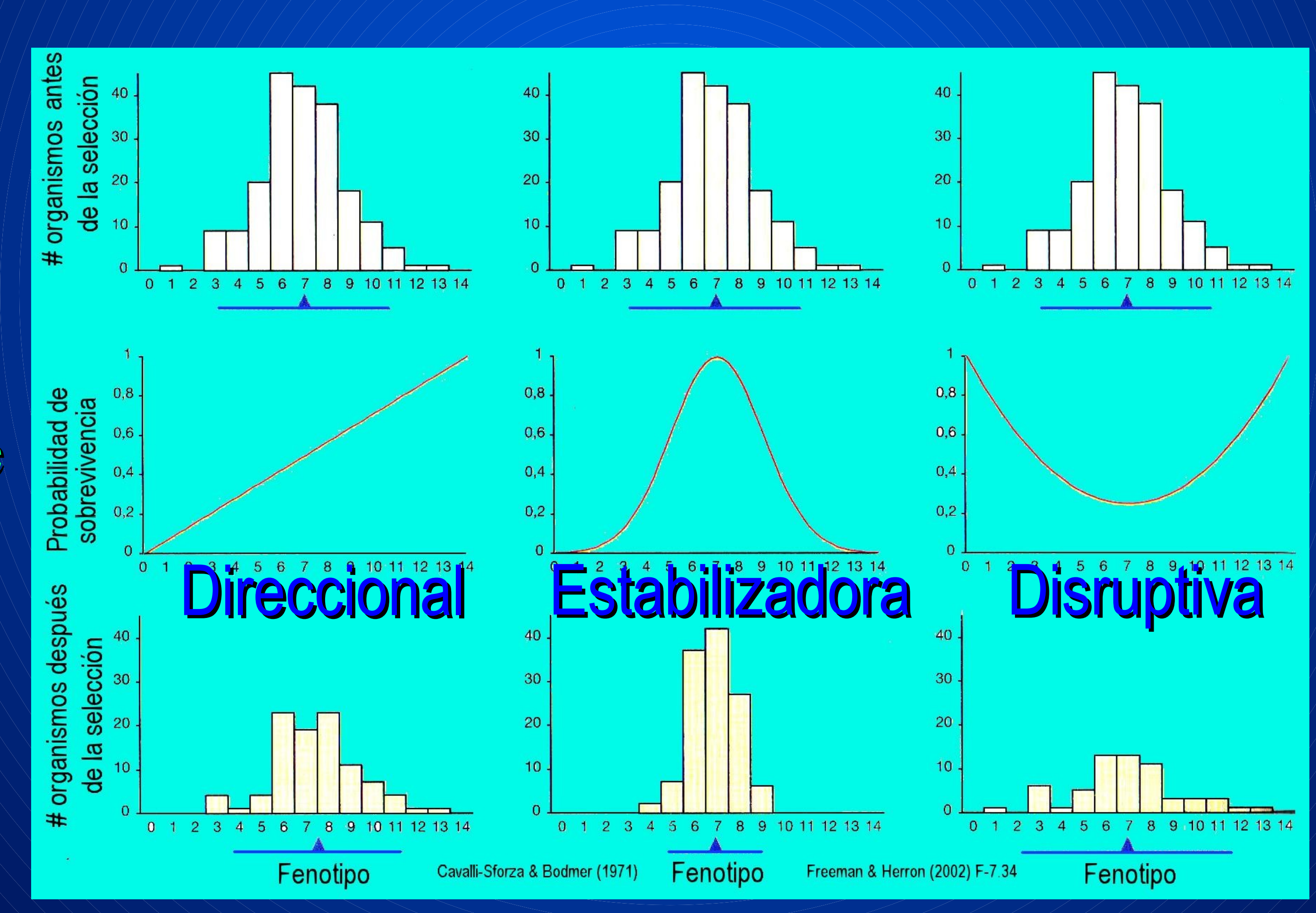
¿Hay distintos Tipos de Selección?

Hay muchos tipos, por diversos criterios, pero no los comentaremos, excepto Selección...

antes

Presión de selección

después



M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Cuál es el efecto de los Tipos de Selección?

Por el resultado de la selección en el devenir de la especie.



¿Qué es la Deriva génetica?

Es el principal mecanismo evolutivo no adaptativo. Ocurre como resultado de desviaciones aleatorias durante la existencia y reproducción de poblaciones pequeñas. Así pues, la poza génica cambia sin relación a la eficacia de los rasgos y el medio.



Deriva Genética, un ejemplo

Generación 1

Generación 2

$p = 0.5$
+
$q = 0.5$
―
1

→ 50% de los gametos poseen el alelo *A*

→ 50% de los gametos poseen el alelo *a*

	0.5	0.5
0.5	*AA* 0.25	*Aa* 0.25
0.5	*Aa* 0.25	*aa* 0.25

$p = 0.5$

$q = 0.5$

Según Hardy-Weinberg

Pero, si sólo se forman 5 Cigotos:

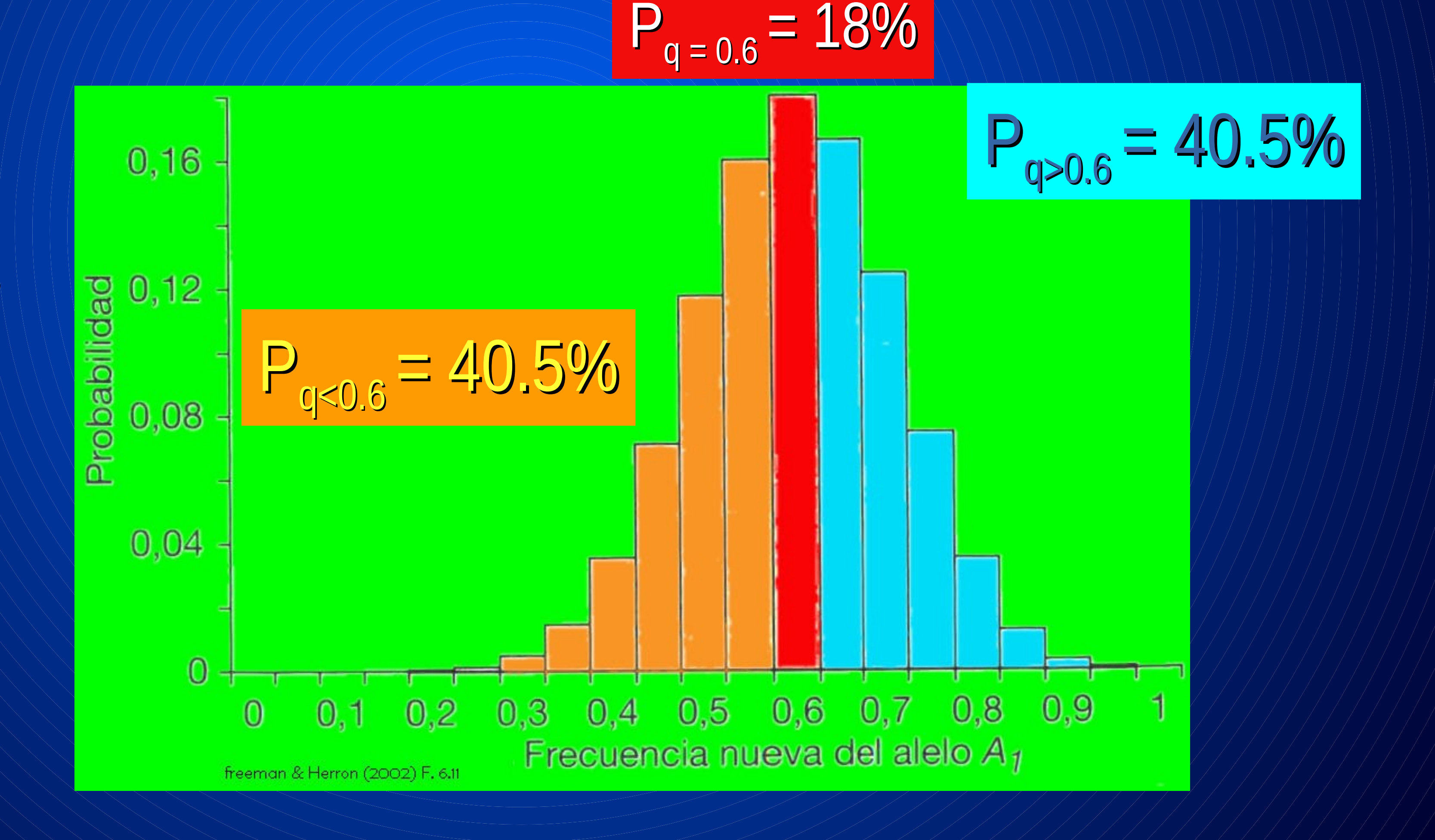
Aa aa Aa aa Aa

$p = 0.3$ $q = 0.7$

¿Cómo se distribuye la probabilidad de obtener cada valor de q?

Sí q originalmente = 0.6 **Pero, sólo hay 10 cigotos**

Habiendo pocos cigotos es más probable que la **q** de los mismos sea distinta a la **q** original.

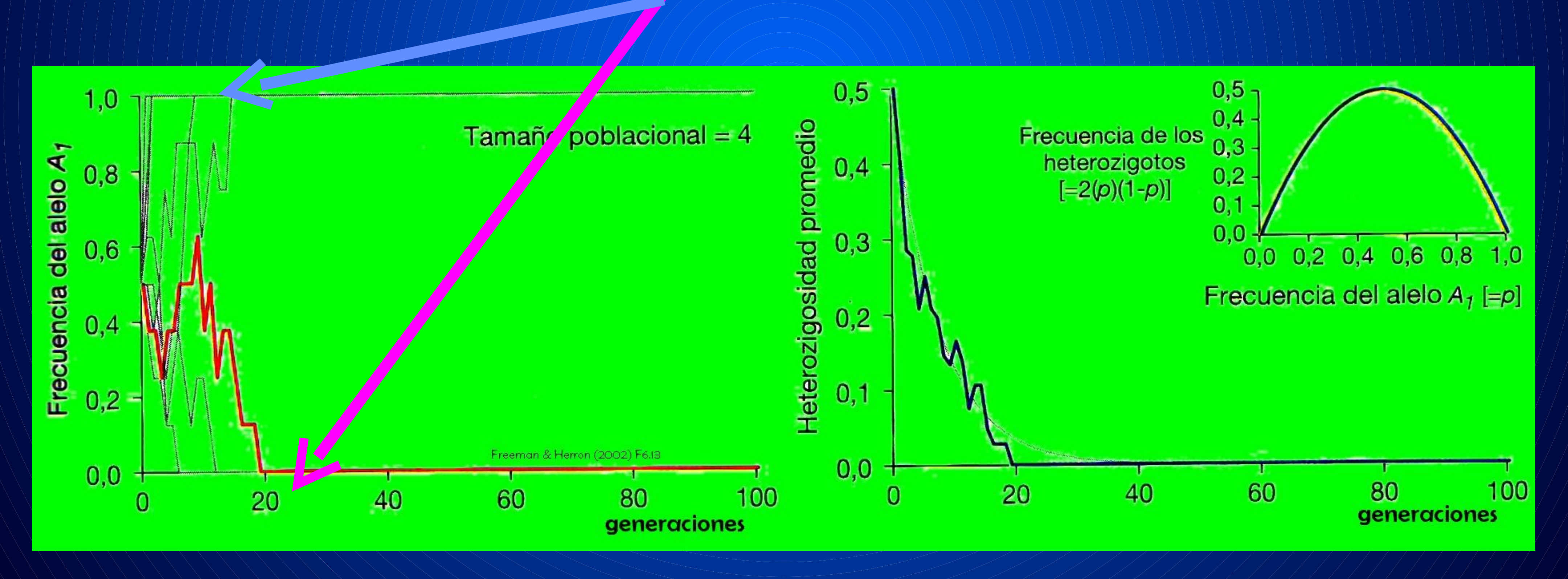


M en C Rafael Govea Villaseñor

Si el Tamaño Poblacional es pequeño...

Lo más factible es tener un solo alelo que dos.

Ya que la deriva génica oscila azarosamente.



¿Cuál es el efecto de la Deriva Genética?

La Fijación de alelos al azar

y

Disminución de la Heterozigocidad

Una aclaración:

La Deriva Genética

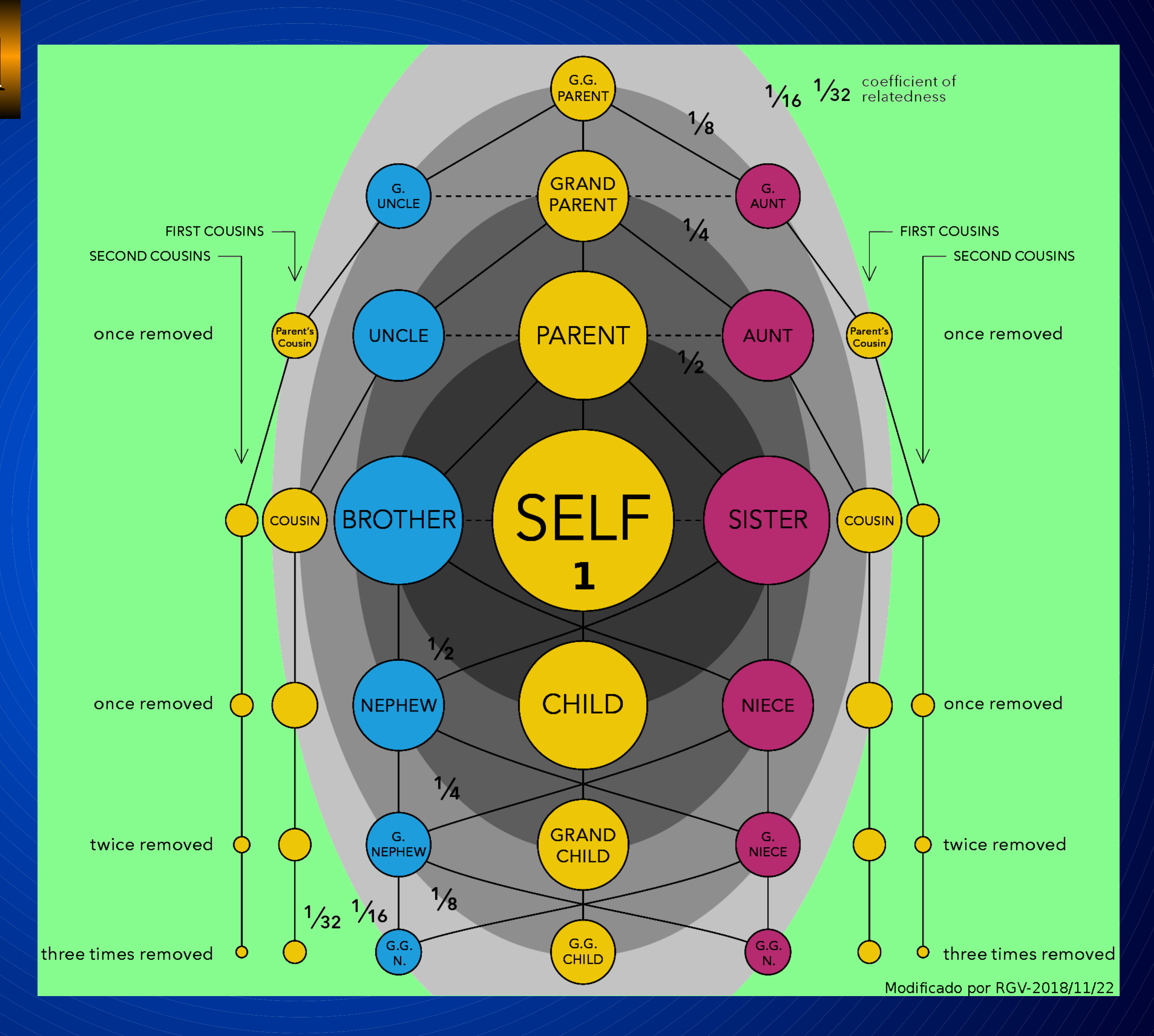
Es una importante fuerza evolutiva, pero

No es un mecanismo adaptativo

Consanguinidad

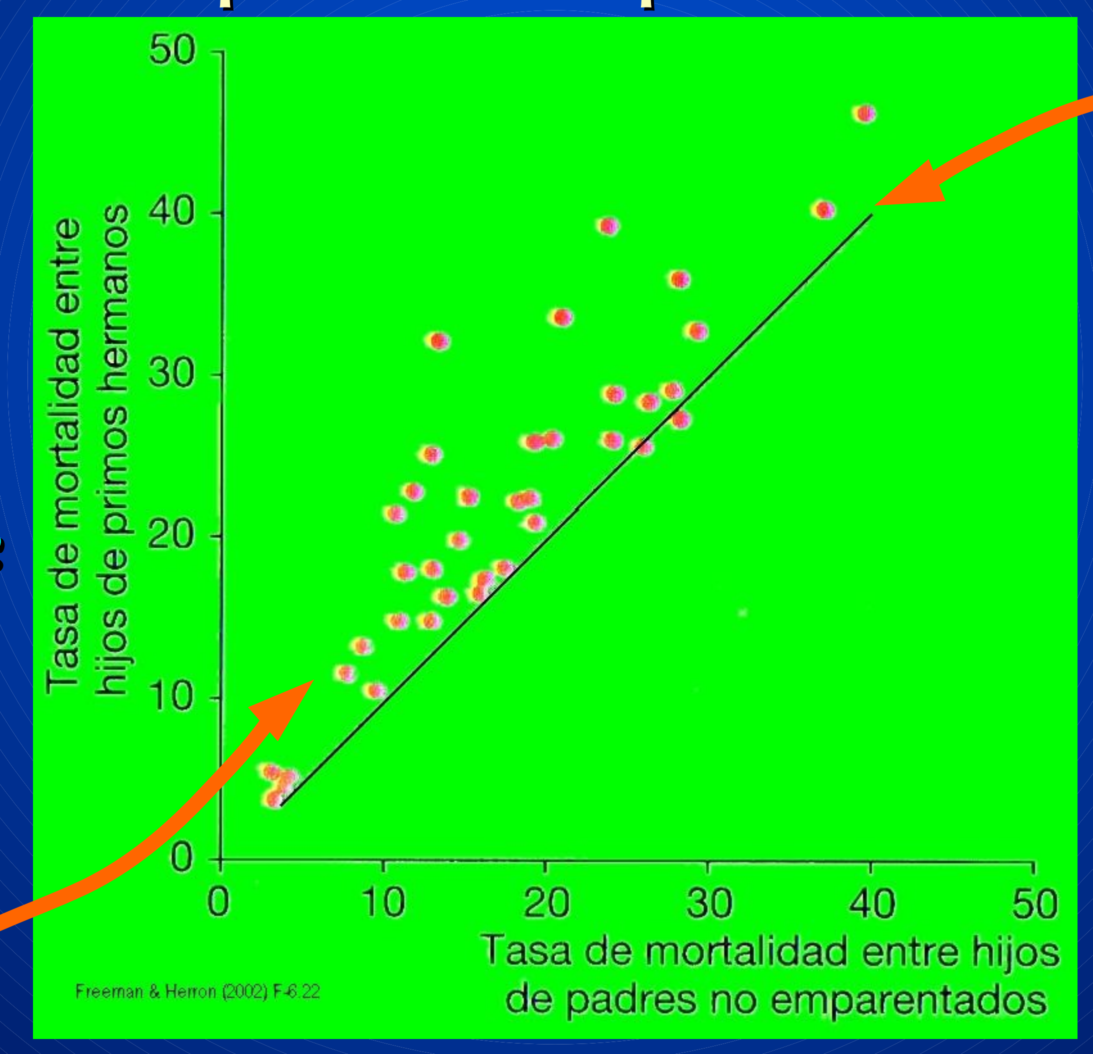
La consanguinidad es el resultado de cruzas restringidas entre parientes y por tanto No-azarosas.

Los familiares comparten una gran cantidad de genes alelos según su cercanía.



Cruza No-aleatoria, Depresión Consanguínea

Tm de hijos de primos *vs* Tm de hijos de padres no emparentados

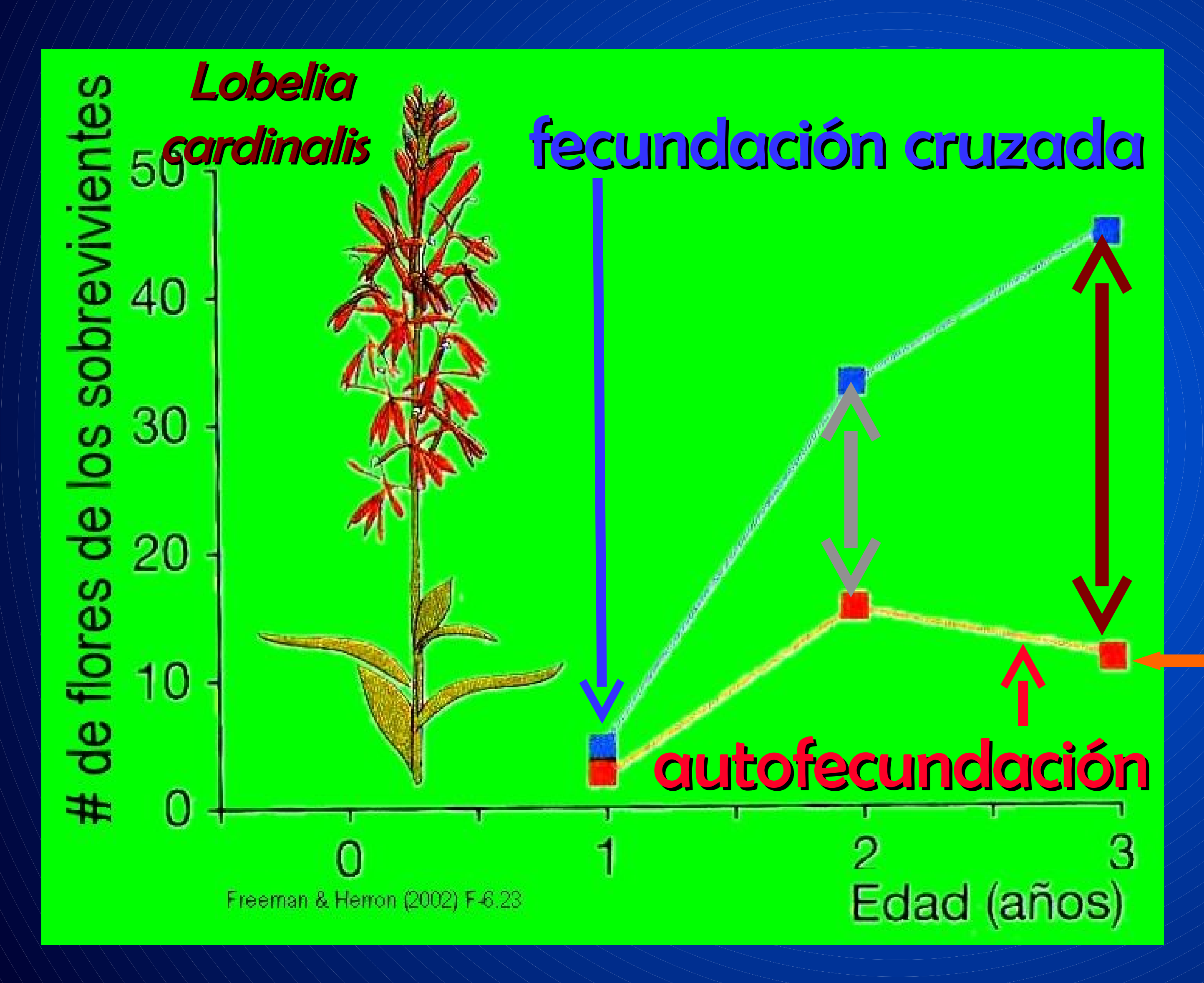


Los hijos de las parejas de primos hermanos tienen una Tasa de mortalidad mayor

Nótese la línea en caso de Tasas de mortalidad idénticas

Bittles & Neel (1994)

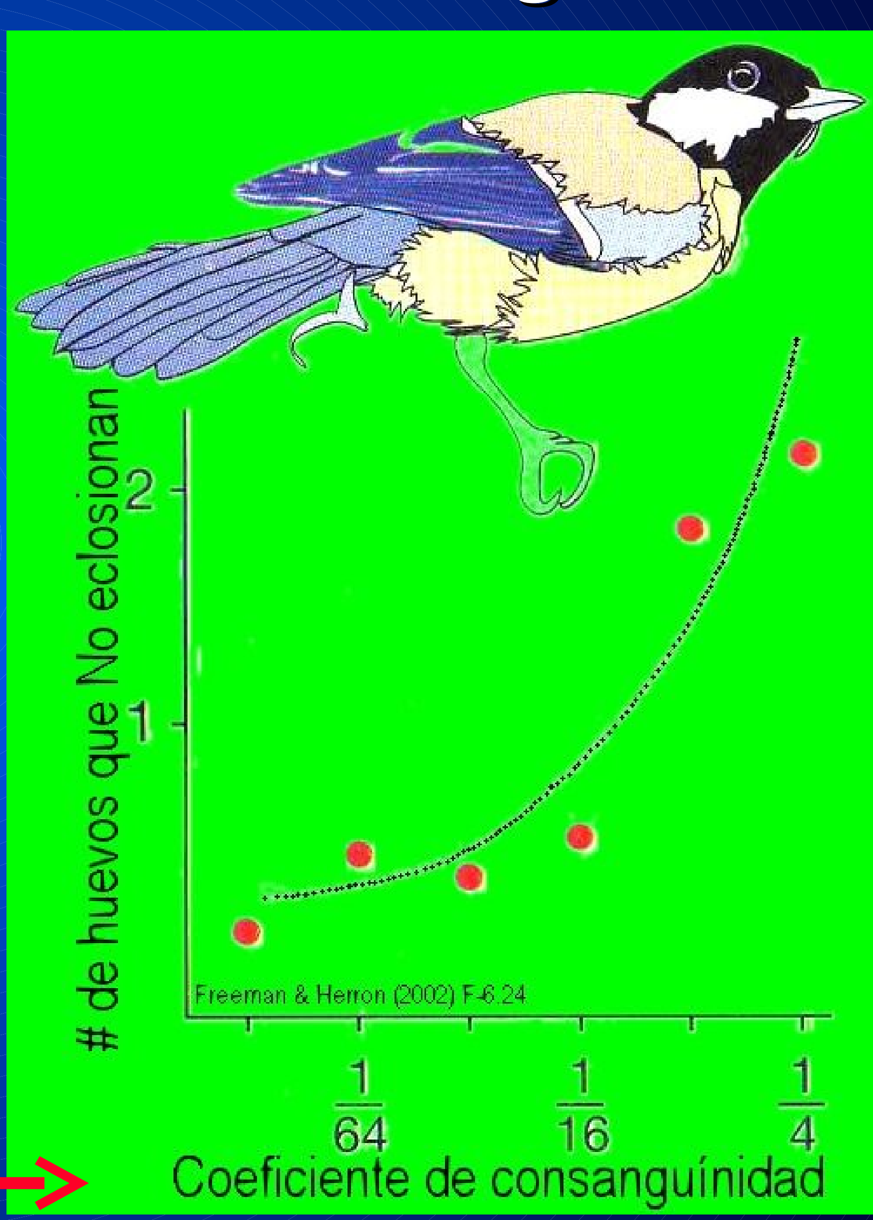
Cruza No-aleatoria, Depresión Consanguínea



Poder auto-reproducirse resulta ventajoso si no se encuentra pareja, pero produce depresión por consanguinidad. Nótese la menor cantidad de flores producidas cuando hay autofecundación

Cruza No-aleatoria, Depresión Consanguínea

Cruzarse entre parientes aumenta la formación de genotipos homocigotos recesivos de efecto negativo. Así por ejemplo, # de huevos no eclosionados es mayor conforme el parentesco es más cercano.

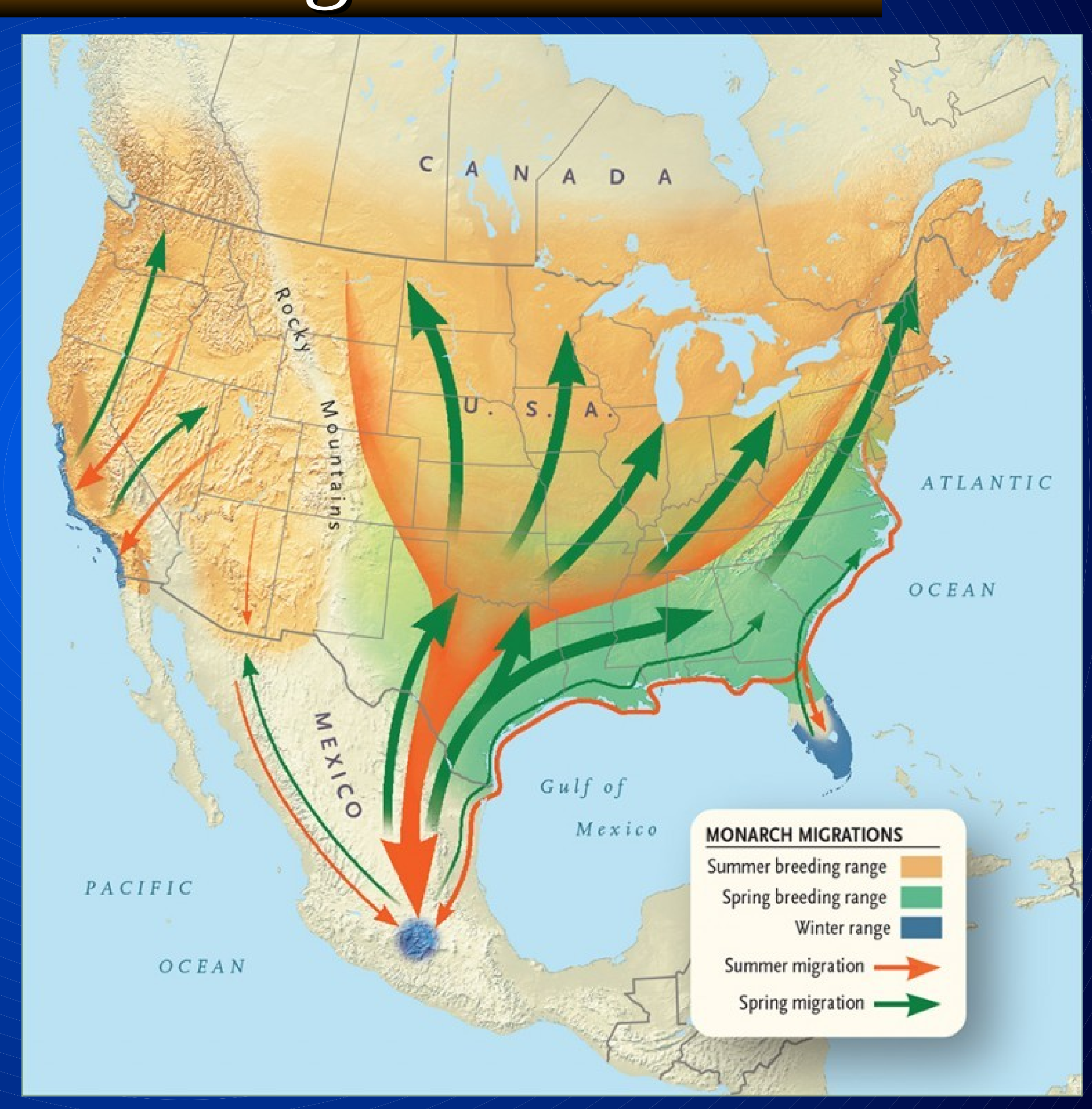


Van Noordwijk & Scharloo (1981)

¿Qué es la Migración?

La Migración es el proceso que consiste en desplazamientos de poblaciones de manera que se fusionan y fisionan. A nivel de la poza génica equivale a la entrada y salida de genes.

Con frecuencia la migración mantiene la integridad de la poza génica y por tanto de la especie



¿Qué es la Selección Sexual?

Es un caso especial de la selección natural en la cual los organismos que se reproducen sexualmente siguen criterios aparentemente arbitrarios para elegir pareja y lograr reproducirse.



El colibrí *Loddigesia mirabilis* macho es seleccionado por las hembras de su especie con mayor frecuencia mientras más grandes sean sus plumas de la cola, aunque le hagan a su portador el vuelo más difícil.*

* Segami, JC (2017-8-29) **Selección Sexual** en *Science Bites https://sciencebitesperu.weebly.com/science-bites/seleccion-sexual*

Tipos de Selección Sexual

Selección intrasexual (*intra*- = dentro) es la competencia entre organismos del mismo sexo. Se da cuando los machos controlan a los recursos requeridos por las hembras e incluso, a ellas mismas.



Selección intersexual (*inter*- = entre) es cuando un sexo elije al otro por un rasgo o conducta que lo hace atractivo. Se da cuando los machos no pueden controlar a las hembras o los recursos vitales.

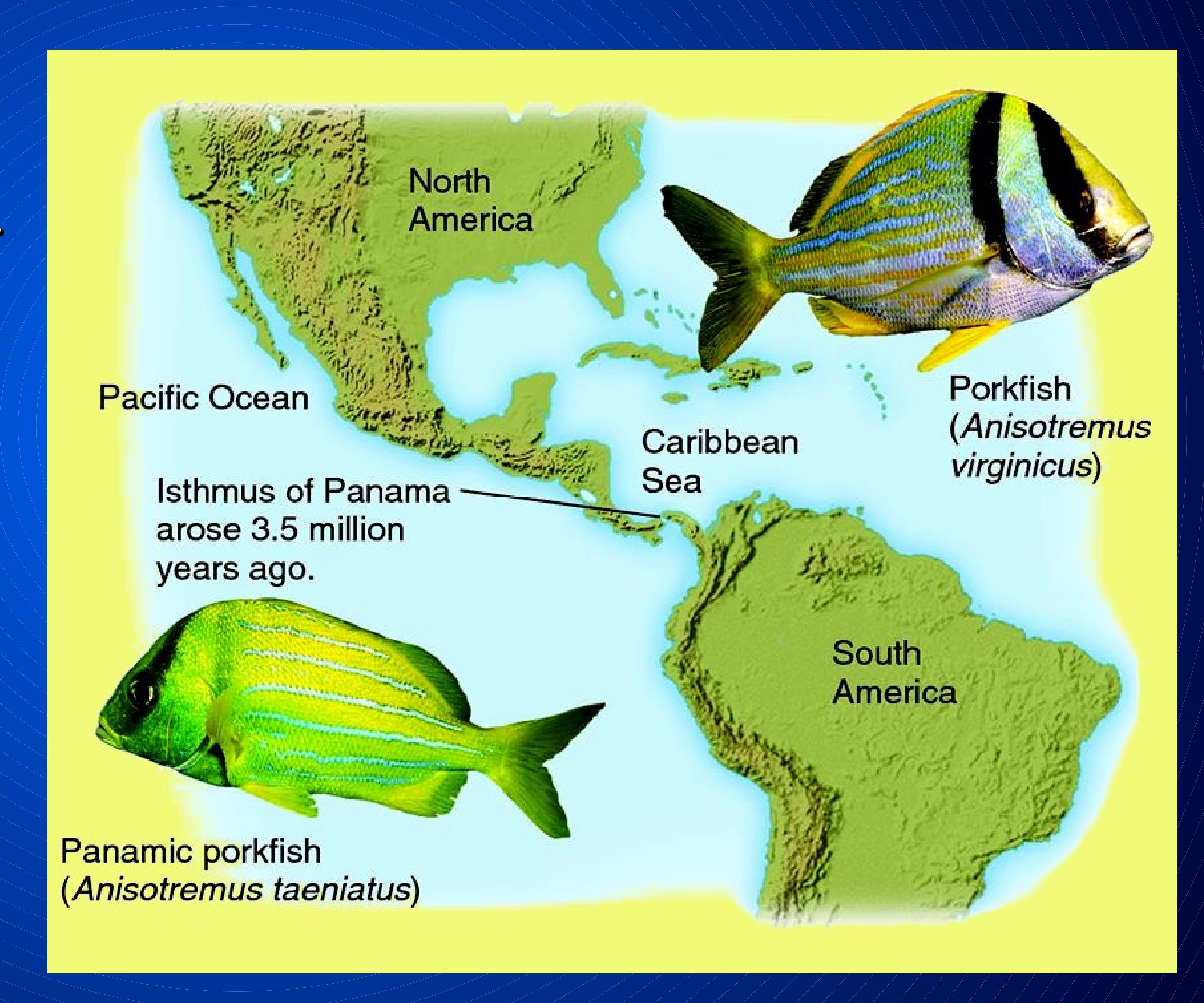


¿Qué es la Especiación?

Es el proceso evolutivo fundamental consiste en originar nuevas especies.

Por lo general es el resultado de la divergencia de sendas poblaciones de la especie ancestral dirigida por un conjunto distinto de presiones de selección ambiental.

De este hecho deriva el carácter ramificado de la Evolución



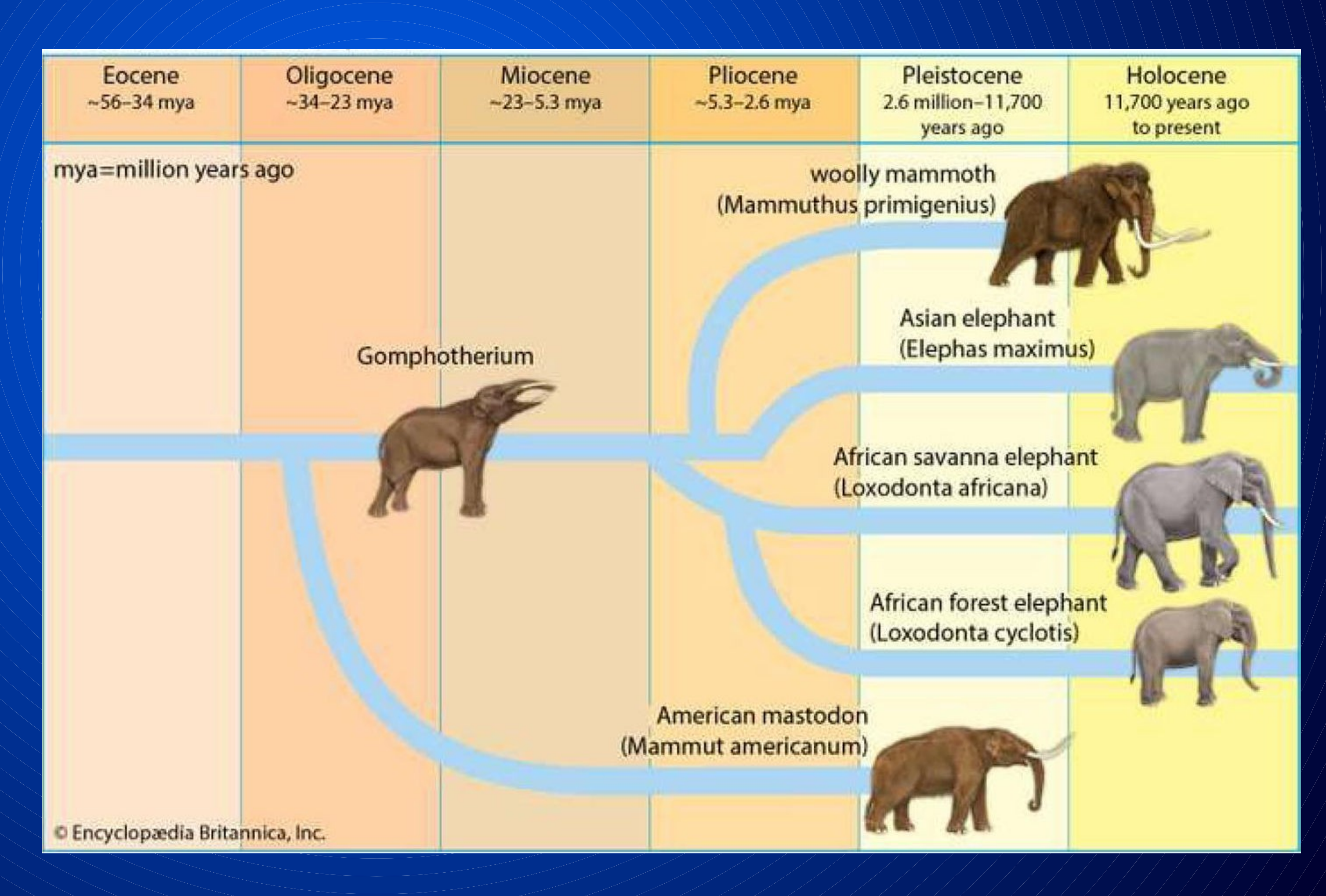
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué es la Extinción?

Es el proceso evolutivo consistente en la desaparición de todos los organismos de una especie

La longevidad de la especies se extiende desde Ka a varias decenas de Ma. La mayoría de las especies persisten 1 Ma.

Los factores que inducen la extinción difieren en momentos normales y casos de crisis ambientales.



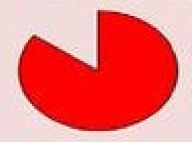
M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Qué provocan las crisis ambientales?

Extinciones Masivas de mayor o menor relevancia, la 5 principales:

ORDOVICIAN

Death Rate:



85 %

Time: 445 million years ago

Likely Causes:

- Rapid global cooling
- Falling sea levels

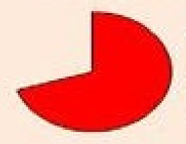
Results:

- Coastal areas destroyed
- Chemical reactions affected by cold



DEVONIAN

Death Rate:



70 %

Time: 340 million years ago

Likely Causes:

- Asteroid impact(s)
- Rapid global cooling

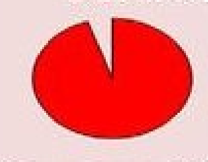
Results:

- Local destruction from debris
- Ocean life affected by temperature



PERMIAN

Death Rate:



95 %

Time: 250 million years ago

Likely Causes:

- Volcanic activity
- Increase in Methane and CO_2
- Rapid global warming

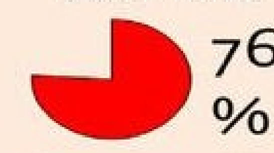
Results:

- Oxygen removed from oceans
- Desertification of land



TRIASSIC

Death Rate:



76 %

Time: 200 million years ago

Likely Causes:

- Increase in Methane and CO_2
- Rapid global warming

Results:

- Desertification of land
- Frequent heat waves



K-T

Death Rate:



80 %

Time: 65 million years ago

Likely Causes:

- Asteroid impact
- Volcanic activity
- Falling sea levels

Results:

- Widespread fires
- Plants disrupted by global ash cloud
- "Nuclear winter"



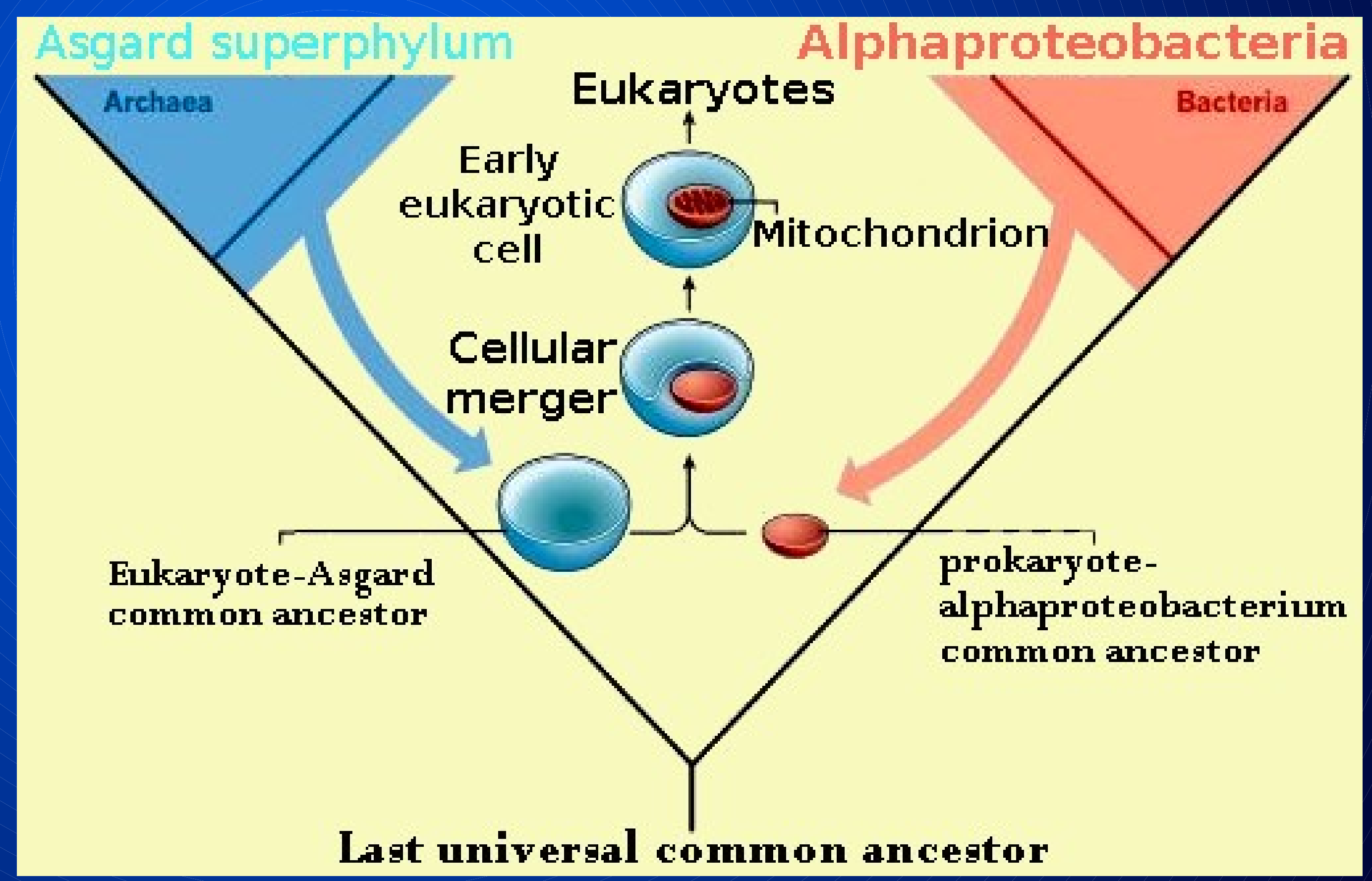
Poster by Budjarn Lambeth, Information from brittanica.com and bbc.co.uk, Images from Wikimedia Commons – Feel free to redistribute

¿Qué es la Simbiogénesis?

El proceso que fusiona linajes evolutivos mediante la coevolución de simbiontes que logran una integración funcional al nivel de sus genomas.

Es un fenómeno relativamente raro, pero de enormes consecuencias evolutivas.

La célula eucariota y por tanto, todo el Dominio *Eukarya* procede de la simbiogénesis de sendos ancestros de *Archaea* y *Bacteria*



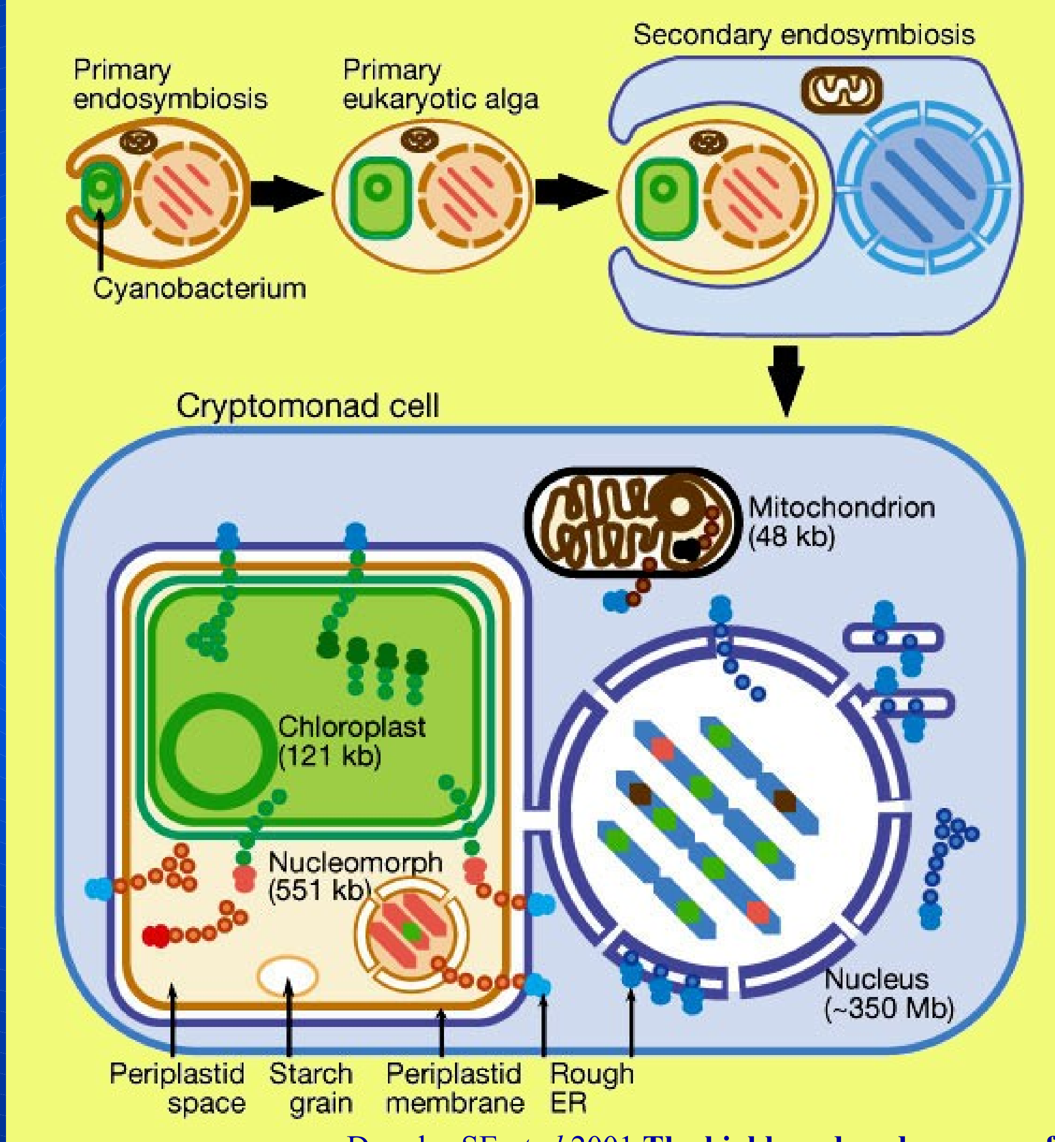
McInerney, J., O'Connell, M. **Mind the gaps in cellular evolution.** *Nature* **541, 297–299 (2017). https://doi.org/10.1038/nature21113**

M en C Rafael Govea Villaseñor

¿Hay otros ejemplos de Simbiogénesis?

Si. Los linajes de organismos eucarióticos fotosintéticos derivan de una simbiogénesis entre una cianobacteria y un eucariota bien evolucionada

Varios eventos de fusión celular (1°, 2° y 3°) dieron origen a los diversos linajes de algas y las plantas verdes.

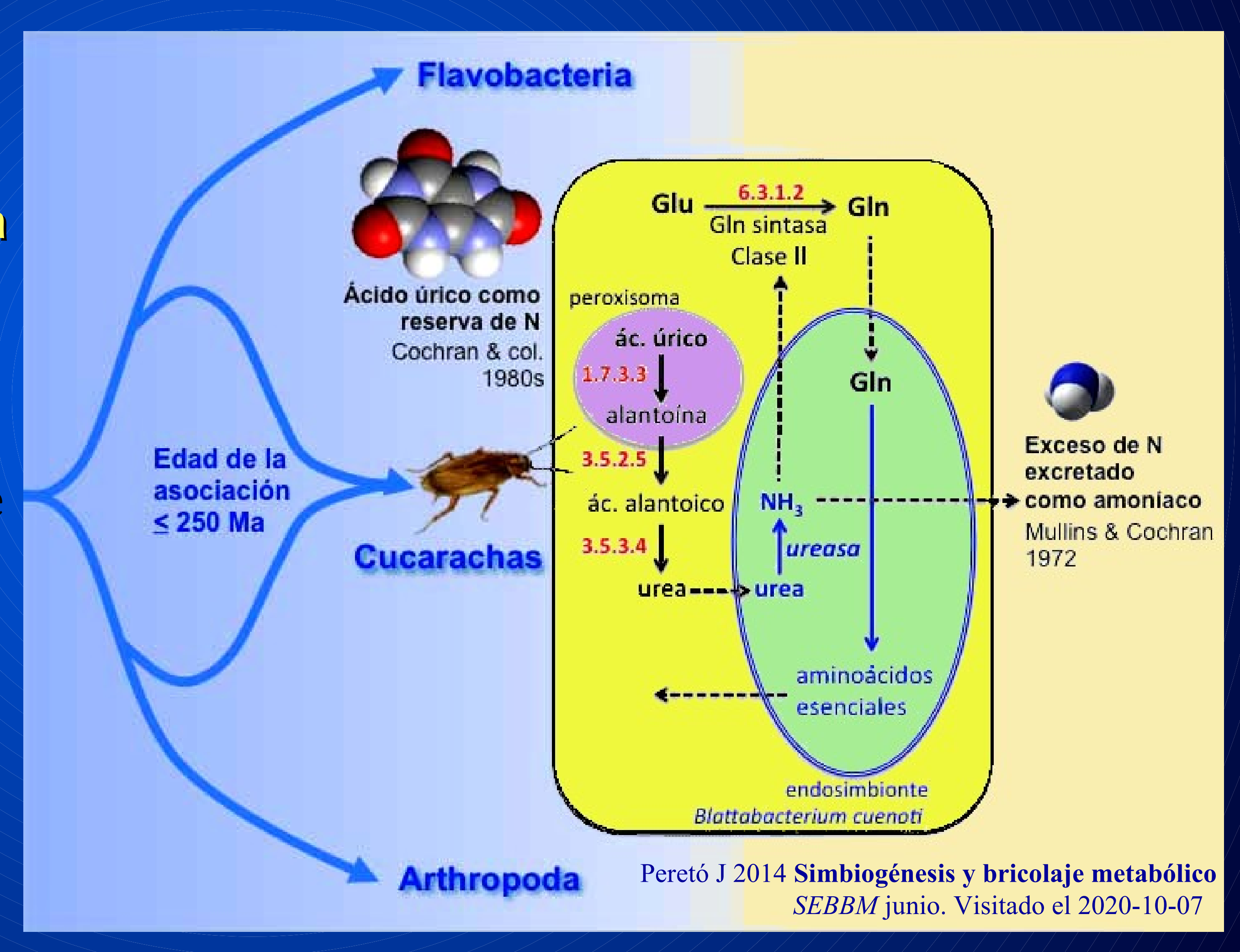


Douglas SE *et al* 2001 **The highly reduced genome of an enslaved algal nucleus** *Nature* April 410(6832)1091-6

¿Hay otros ejemplos de Simbiogénesis?

Recién conocemos muchos ejemplos de simbiogénesis en estado de mosaico funcional

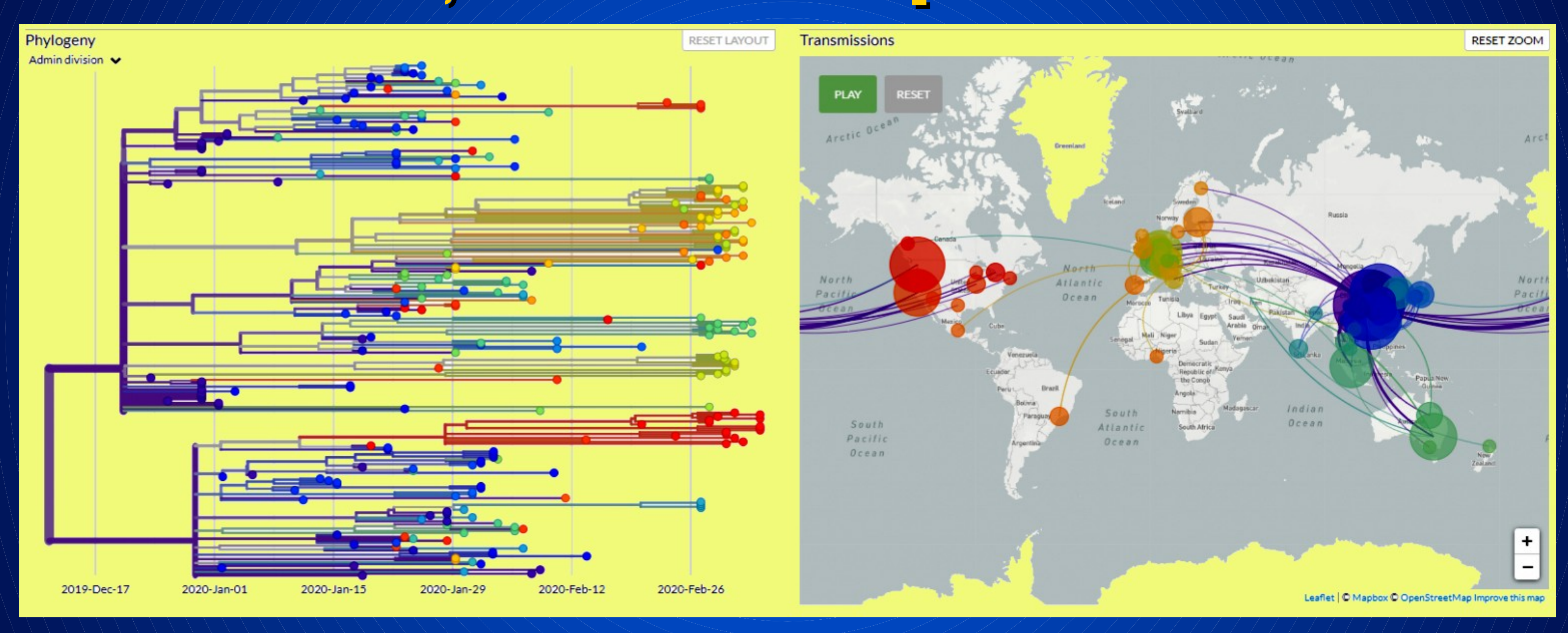
Por ejemplo el metabolismo conservador de Nitrógeno de la cucaracha y su bacteria endosimbionte *Blattabacterium cuenoti* que recupera N del ácido úrico y excreta NH_3



Peretó J 2014 **Simbiogénesis y bricolaje metabólico** *SEBBM* junio. Visitado el 2020-10-07

¿Estudiar el hecho evolutivo es útil?

Si, existen muchas aplicaciones

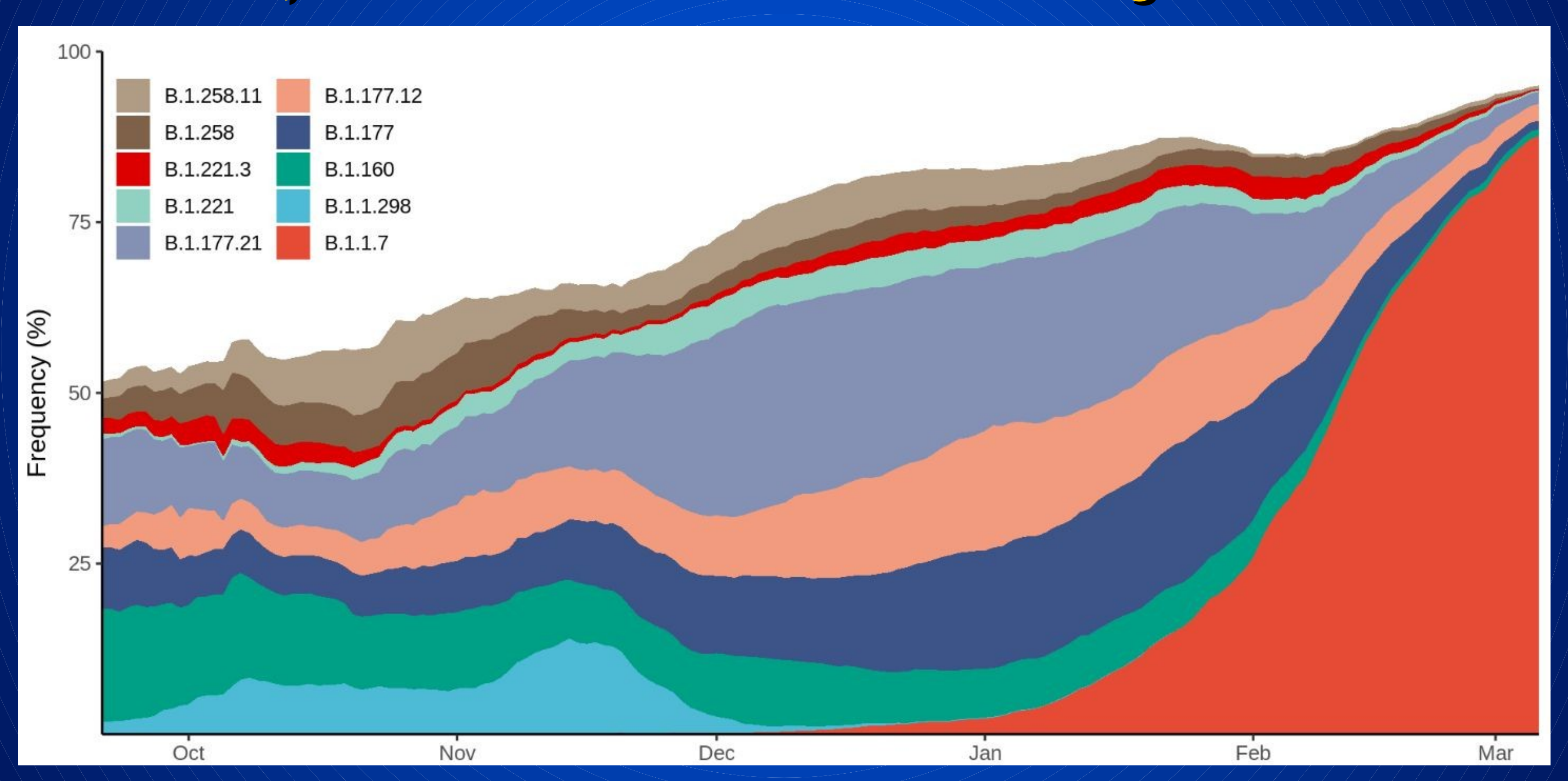


Gracias a las herramientas para construir árboles filogenéticos se puede seguir la evolución de las variantes del Virus SARS-CoV-2 originadas por mutación, descubrir el origen, seguir su dispersión y eventual riesgo.

Villatoro FR 2020 **Las mutaciones del coronavirus SARS-CoV-2** *La ciencia de la Mula Francis* 7 de marzo
Visitado el 2020-10-07

¿El virus SARS-CoV-2 evoluciona?

Si, como todas las entidades orgánicas



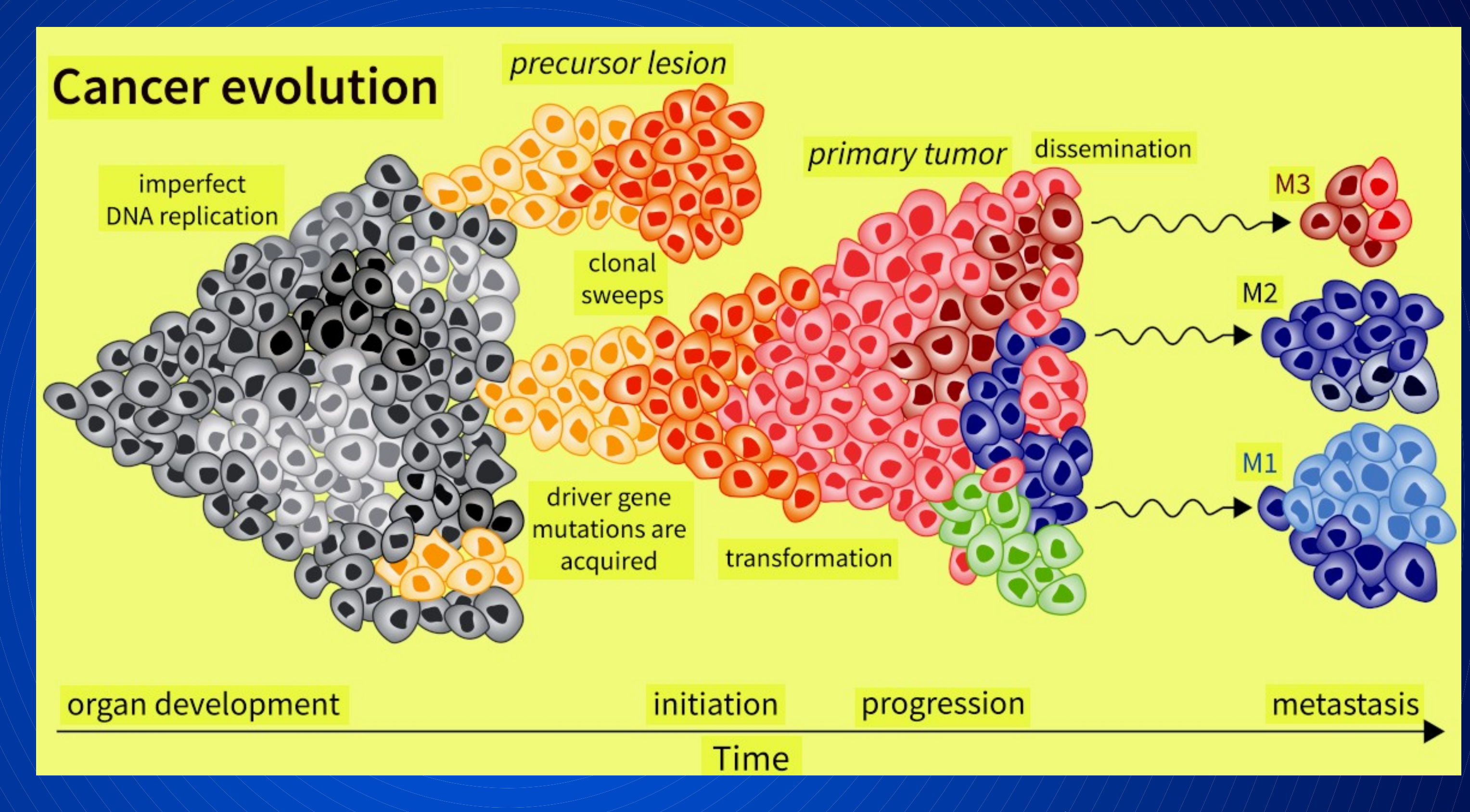
Prevalencia de las principales variantes del Virus SARS-CoV-2 circulantes en Dinamarca de octubre del 2020 a marzo del 2021

M en C Rafael Govea Villaseñor

https://covidreference.com/variants Visitado el 2021-12-21

Otra aplicación de la Teoría Evolutiva

La cancerización es la evolución de una célula que se reproduce sin obedecer los mecanismos de control del cuerpo. Las generaciones de células son seleccionadas para una reproducción más rápida



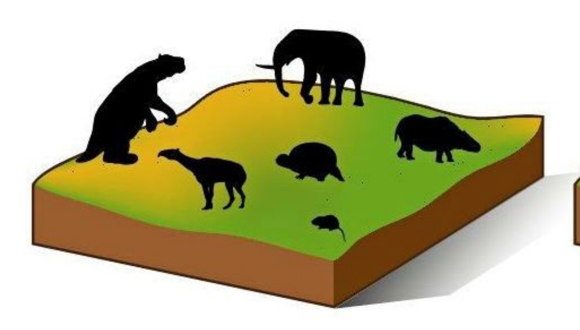
El ciclo Mutaciones → Mitosis → Selección según el microambiente va conformando varios linajes con distintas mutaciones, juegos de genes activos y capacidades metabólicas varias. Por tanto más o menos virulentos y sensibles o resistentes a las terapias disponibles.

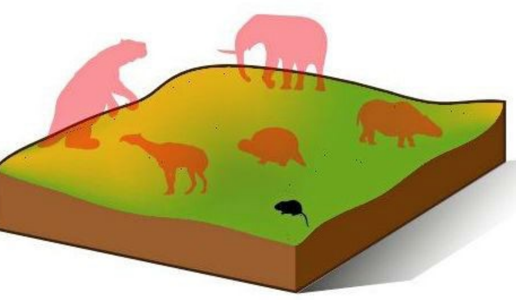
M en C Rafael Govea Villaseñor

Haurin S 2020 **The evolution of a tumor** *Duke Research Blog* January 23 Visitado el 2020-01-07

Implicaciones sobre el Futuro

The Ice Age | **The Present** | **The Future?**

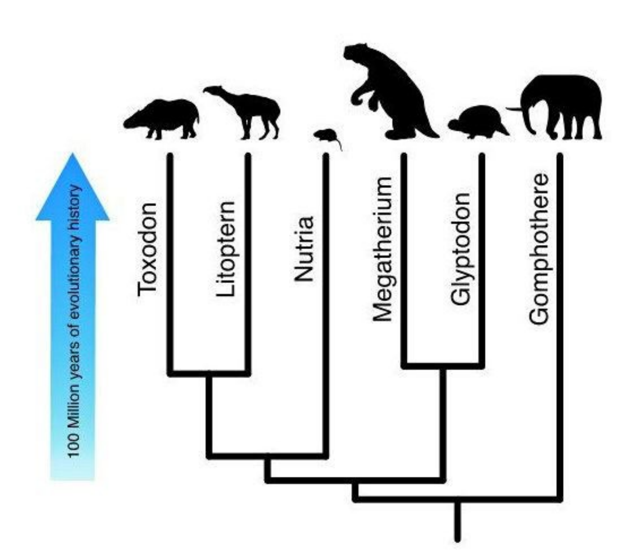


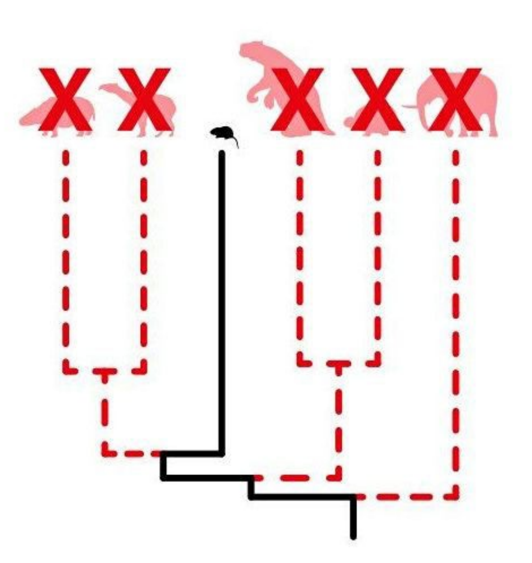


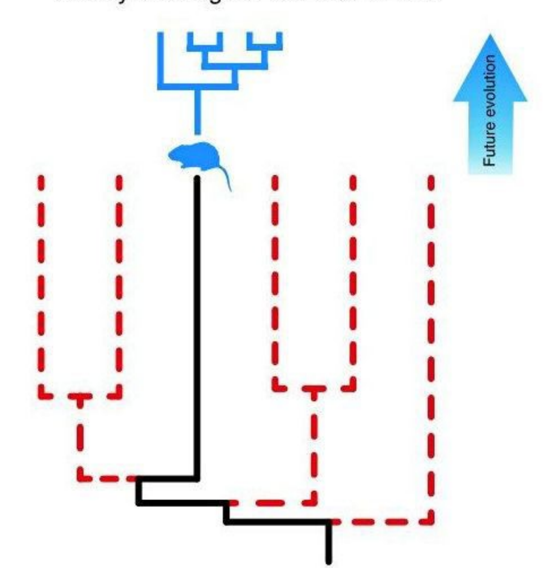
During the Ice Age, many large mammals roamed the earth, filling out deep branches on the mammal Tree of Life

Since then, all the largest species have been chopped off the mammal Tree by extinctions

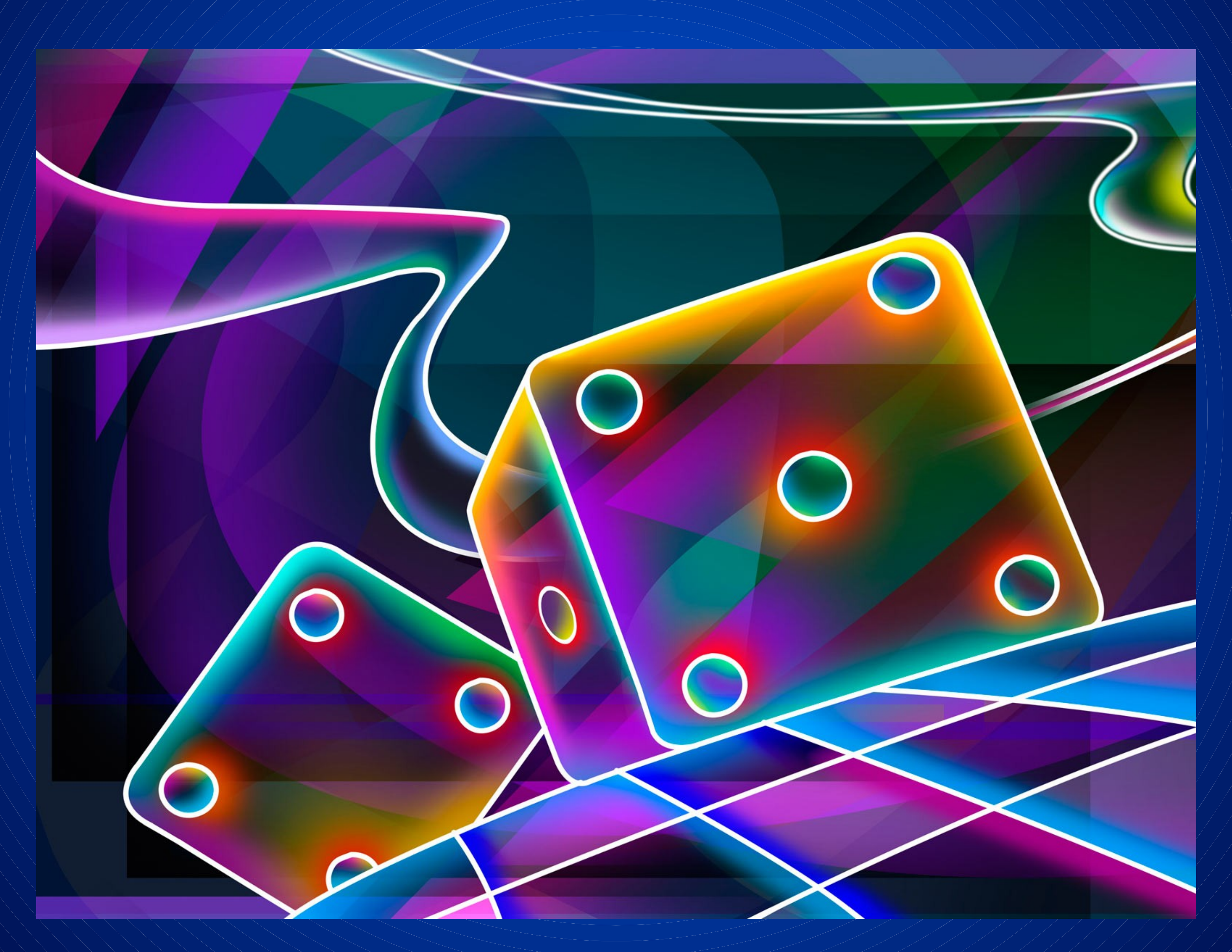
Surviving species will have to diversify for millions of years to restore this missing evolutionary history and regrow the Tree of Life







M en C Rafael Govea Villaseñor



Pasando a otro tema importante

Pero relacionado: La medida personal que más contribuye a combatir el Calentamiento Global (el Cambio Climático) es...



M en C Rafael Govea Villaseñor